

V-32

層厚・ポアソン比誤差が FWD たわみセンサー配置に及ぼす影響

北海道工業大学	正会員	亀山修一
東京電機大学	フェロー会員	松井邦人
北海道工業大学	フェロー会員	笠原 篤
北海道大学	フェロー会員	姫野賢治
長岡技術科学大学	正会員	丸山暉彦

1. はじめに

現在、舗装の支持力を評価するための非破壊試験の一つとして FWD (Falling Weight Deflectometer) が普及しており、その解析法としては逆解析が用いられる。逆解析は通常、測定された表面たわみと多層弾性論等から得られる計算たわみの差の自乗和を評価関数とし、これを最小にする層弾性係数を推定するという一種の最適化問題として扱われる。しかしながら、逆解析によって推定される層弾性係数（逆解析弾性係数）は、たわみの測定誤差や仮定した舗装構造と実構造との間に存在する構造モデル誤差（層厚誤差およびポアソン比誤差）に過度に敏感となり、不安定となる。著者らは、これらの誤差の内、測定誤差のみを対象とし、測定誤差の逆解析弾性係数に及ぼす影響度が最小となるたわみセンサー位置、すなわち測定誤差から見た最適センサー位置を遺伝的アルゴリズム (GA) によって求めた¹⁾。ここでは、測定誤差に加え、層厚誤差およびポアソン比誤差などの構造モデル誤差が存在する場合、GA によって決定された最適センサー位置がどのように変化するかを検討した。

2. GA による最適センサー位置の決定

図-1 に示すような層厚、ポアソン比、層弾性係数からなる 3 層構造のアスファルト舗装を仮定し、舗装表面に 50kN の FWD 荷重を作用させた。たわみセンサーの配置範囲は載荷版中心点 (0mm)、から半径方向に 2000mm 離れた点までとし、測点間隔は 50mm とした。ただし、載荷版中心点から 50mm, 100mm, 150mm の点は載荷版の半径内にあり、たわみを測定することができないことから対象外とした。各測点において測定されるたわみの標準偏差を $2\mu\text{m}$ と仮定し、逆解析弾性係数に対する測定誤差の感度から逆解析弾性係数の共分散行列の対角和を計算し、それを評価関数とした。そして、評価関数が最小となるたわみセンサーの位置を GA によって決定した。

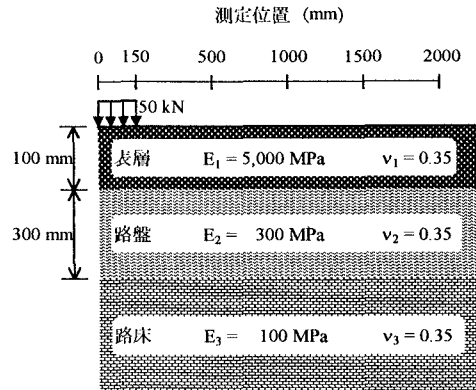


図-1 舗装構造 (3 層構造)

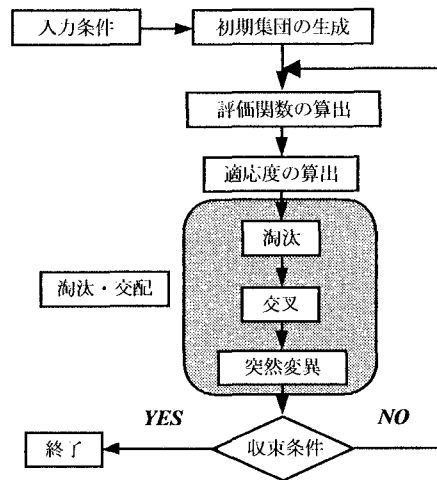


図-2 遺伝的アルゴリズムの流れ

キーワード：FWD, 遺伝的アルゴリズム, 最適センサー位置, 測定誤差, 構造モデル誤差

連絡先：北海道工業大学 工学部土木工学科

(〒006 札幌市手稲区前田 7 条 15 丁目, TEL : 011-681-2161, FAX : 011-685-0780)

GA とは、図-2 に示すように、ランダムに生成された個体に、淘汰・交叉・突然変異などの遺伝子オペレータを作用させ、最適な遺伝子を持つ個体を抽出する方法である。GA によって得られた最適センサー位置を図-1 に示す。この図から、測定誤差の影響を最も受けにくいわみセンサーは 0mm, 200 ~ 400mm, 1000 ~ 1200mm の 3 つの範囲内に位置することが分かる。

3. 層厚誤差およびポアソン比誤差による

最適センサー位置の変動

逆解析を行う際に仮定する舗装構造と実際の舗装構造との間には、層厚誤差およびポアソン比誤差等の構造モデル誤差が存在する。図-1 に示した舗装構造に層厚誤差およびポアソン比誤差を与え、舗装構造を生成する。層厚誤差は表層および路盤において変動係数が 0%, 5%, 10% となるように、ポアソン比誤差は表層、路盤および路床において標準偏差が 0, 0.05, 0.1 となるように設定した。したがって、層厚誤差の場合は計 3^2 通り、ポアソン比誤差の場合は計 3^3 通りの組み合わせとなる。それぞれの組み合わせにおいて層厚あるいはポアソン比誤差を含んだ舗装構造を 100 組生成し、GA によって最適センサー位置を求め、各センサー位置が最適位置として選択される頻度を求めた。層厚誤差のみが存在すると仮定した場合の結果を図-3 に、ポアソン比誤差のみが存在すると仮定した場合の結果を図-4 に示す。

図-3 から 0mm および 250 ~ 400mm の最適センサー位置は層厚誤差の影響をほとんど受けないが、荷版中心から 1000 ~ 1200mm 離れた最適センサー位置は正規分布に近い形に分布しており、層厚誤差の影響を若干受けることが分かる。また、路盤よりも表層の層厚誤差の方が最適センサー位置に影響を与える。しかしながら、荷版から最も離れた最適センサーは、全て 900 ~ 1250mm に分布していることから、層厚誤差が変動係数で 10% 以内であれば、測定誤差から見た最適センサー位置は層厚誤差の影響をほとんど受けないと言える。また、ポアソン比誤差が存在する場合も同様に、最適センサー位置はほとんど変動しない(図-4)。

3. まとめ

以上のことから、測定誤差から見た最適センサー位置は、層厚誤差およびポアソン比誤差等の構造モデル誤差の影響を受けにくい性質(ロバスト性)を有することを明らかにした。

参考文献

- 1) 亀山修一, 松井邦人, 笠原 篤, 姫野賢治, 丸山暉彦: 「FWD センサー位置が逆解析弾性係数に及ぼす影響」, 第 1 回舗装工学会論文集, Vol. 1, pp. 49 ~ 56, 1996.

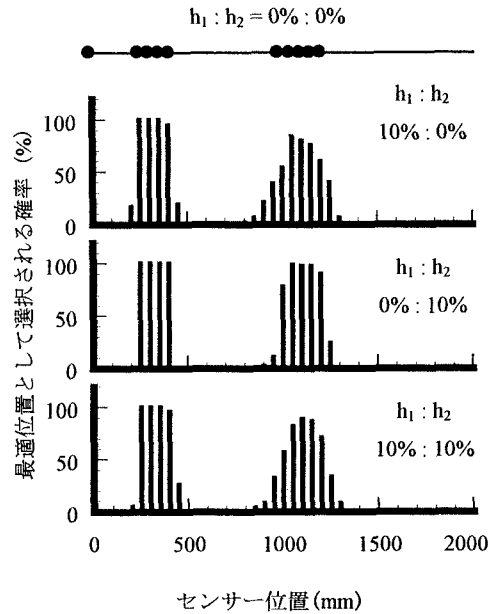


図-3 層厚誤差が最適センサー位置に及ぼす影響

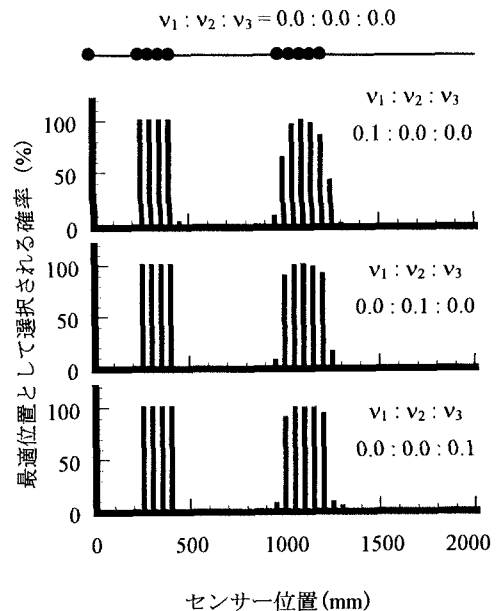


図-4 ポアソン比誤差が最適センサー位置に及ぼす影響